

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-5899

(P2002-5899A)

(43) 公開日 平成14年1月9日 (2002.1.9)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	キーワード (参考)
G 0 1 N 29/00	5 0 1	G 0 1 N 29/00	5 0 1 2 F 0 6 8
G 0 1 B 17/00		G 0 1 B 17/00	Z 2 G 0 4 3
G 0 1 N 21/63		G 0 1 N 21/63	A 2 G 0 4 7
33/38		33/38	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-189545 (P2000-189545)

(22) 出願日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(71) 出願人 000253019

澁谷工業株式会社

石川県金沢市大豆田本町甲58番地

(72) 発明者 小関 良治

石川県金沢市大豆田本町甲58番地 澁谷工業株式会社内

(72) 発明者 坂野 勝利

石川県金沢市大豆田本町甲58番地 澁谷工業株式会社内

(74) 代理人 100098947

弁理士 福島 英一

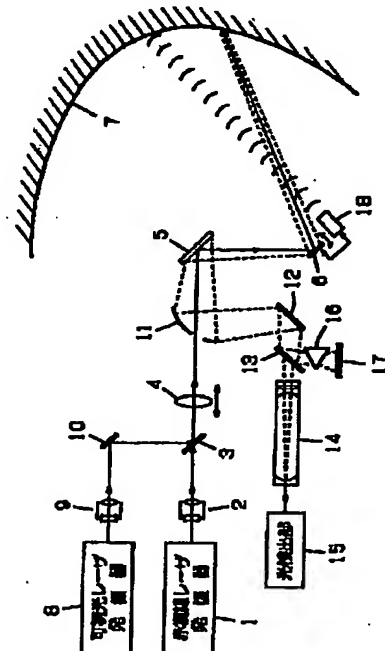
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンクリート構造物の検査方法及びその検査装置

(57) 【要約】

【課題】 人的な感覚に頼ることなく、非接触、非破壊で、コンクリートの内部欠陥に関する検査とともに、性状変化に関する検査が実施可能なコンクリート構造物の検査手段を提供する。

【解決手段】 赤外線レーザをコンクリート7の表面に照射し、その照射面にプラズマを発生させると共に物理的振動を付与し、前記プラズマの光をプリズム16、CCD17等を用いて分光分析することによりコンクリートの表面析出元素を特定してコンクリートの性状分析を行うとともに、前記照射面に単一光を照射し、その反射光を介して干渉計14、光検出部15等により前記物理的振動の反射波を検出することによりコンクリートの内部欠陥を分析する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 赤外線レーザをコンクリート面に照射し、その照射面にプラズマを発生させると共に物理的振動を付与し、前記プラズマの光を分光分析することによりコンクリートの表面析出元素を特定してコンクリートの性状分析を行うとともに、前記照射面に単一光を照射し、その反射光を介して前記物理的振動の反射波を検出してコンクリートの内部欠陥を分析することを特徴とするコンクリート構造物の検査方法。

【請求項2】 前記プラズマ光の分光分析の結果、589nmの波長のものが強ければNa、372nmの波長のものが強ければFe、479.5nmの波長のものが強ければClが存在すると判定してコンクリートの性状分析を行う請求項1に記載のコンクリート構造物の検査方法。

【請求項3】 赤外線レーザを照射する赤外線レーザ照射手段と、プラズマ光を分光して波長に基づいて元素を特定する分光分析器と、単一光を照射する単一光照射手段と、干渉計とを備え、コンクリート面に対して、前記赤外線レーザ照射手段より赤外線レーザを照射するとともに、前記単一光照射手段より単一光を照射し、その赤外線レーザの照射により照射面に発生したプラズマの光を前記分光分析器へ誘導してコンクリートの表面析出元素を特定するとともに、前記単一光の反射光を前記干渉計へ誘導し、前記照射面に発生した物理的振動がコンクリートの内部欠陥部で反射して形成された反射波を検出することにより、コンクリートの性状分析及び内部欠陥分析を行うように構成したことを特徴とするコンクリート構造物の検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、トンネルや高速道、橋梁、建築物などのコンクリート構造物に広く適用される検査技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、コンクリートの内部欠陥に関する検査方法として、コンクリート表面を金属ハンマー等で叩いて、発生する音を頼りに作業員の感覚によって内部欠陥の有無を判断するという検査方法が一般的に採用されている。しかしながら、この検査方法は、人的な感覚に基づくため、個人差があり信頼性に問題があった。また、コンクリート表面をハンマーで叩くため、そのコンクリート側に及ぶ損傷などの問題があるとともに、作業効率もよくなかった。

【0003】さらに、従来の検査方法として、X線やレーザを用いた内部探傷技術も開発されている（特許第2502184号明細書）。また、土壌や岩盤の成分分析を分光分析により行う技術も開発されている（特開平7-146232号公報）。後者の従来技術は、トンネル工事の際の切羽の岩盤評価などに使用されるもので、コンクリート構造物の性状に関しては、目視による検査が

2

一般的であった。結局のところ、既設のコンクリート構造物に対する一般的な検査方法としては、内部欠陥に関しては金属ハンマー等で叩いた際の音による検査、性状変化に関しては目視による検査が採用されている。このため、検査結果に個人差があり信頼性に欠けるばかりでなく、聴覚や目視からくる限界により精緻な検査は不可能であった。また、経年変化等をデータ化して定量的に監視するには適さなかった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上のような従来の技術状況に鑑みて開発したもので、人的な感覚に頼ることなく、非接触、非破壊で、コンクリートの内部欠陥に関する検査とともに、性状変化に関する検査が実施可能なコンクリート構造物の検査手段を提供することを目的とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するため、赤外線レーザをコンクリート面に照射し、その照射面にプラズマを発生させると共に物理的振動を付与し、前記プラズマの光を分光分析することによりコンクリートの表面析出元素を特定してコンクリートの性状分析を行うとともに、前記照射面に単一光を照射し、その反射光を介して前記物理的振動の反射波を検出してコンクリートの内部欠陥を分析するという技術手段を採用した。赤外線レーザの照射によりコンクリート面に物理的振動が付与されると、その振動はコンクリート内部に伝播し、欠陥があると反射波が形成され、コンクリートの表面に戻って前記照射面を振動させる。したがって、赤外線レーザを照射するコンクリート面に、単一光を照射して、その単一光の反射光を干渉計に誘導して前記反射波による照射面の振動を検出することにより、コンクリートの内部欠陥を検査することができる。また、同時に前記赤外線レーザの照射によりコンクリート面に発生するプラズマ光を分光分析器に誘導して分析することにより、コンクリートの性状分析を行うことができる。分光分析の結果、例えば、589nmの波長のものが強ければNa、372nmの波長のものが強ければFe、479.5nmの波長のものが強ければClがコンクリート表面に析出していると判定してコンクリートの性状分析を行うことができる。すなわち、Naの値によりアルカリ骨材反応に関する性状分析が可能である。同様に、Clの値ないしFeの値により鉄骨の錆等による劣化に関する性状分析が可能である。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本発明に係る検査方法及び検査装置は、トンネルや高速道、橋梁、建築物などの種々のコンクリート構造物に広く適用することができ、一回的な検査だけでなく、検査結果をデータ化して保存集積し、コンクリート構造物の経年変化を定量的に監視する場合にもきわめて有効である。コンクリート面に照射する赤

外線レーザとしては、例えば短パルス高ピークの炭酸ガスレーザなどが好適である。また、赤外線レーザと共に照射する前記単一光としては、可視光レーザ等が使用され、両レーザは同軸上に設定される。走査方式に関しては、ガルバノミラーを用いた方式など、適宜の走査方式の採用が可能である。

【0007】なお、付帯設備として、可視光レベルのレーザや超音波などを用いた測長計をコンクリート面の計測用として備え、コンクリート面上の検査ポイントとの距離を測定してレーザの照射位置制御用のデータとして使用したり、コンクリート面上の各検査ポイントの位置データとしてデータベース化したりすることができる。また、前記検査において、内部欠陥や性状変化が発生している可能性があるとして判定した場合には、インクジェットなどにより、それらの内部欠陥ないし性状変化の発生領域をマーキングして、再検査や詳細検査の際の目安とすることも可能である。

【0008】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例に関して説明する。図1は本発明に係る実施例の要部を概略的に示した要部説明図である。図中、1は炭酸ガスレーザ等からなる短パルス高ピーク出力の赤外線レーザ発振器であり、ビームエキスパンダ2、ビームコンバイナ3、オートフォーカスレンズ4、反射ミラー5及び走査用のガルバノミラー6を経て、そのガルバノミラー6により指定されたコンクリート7の検査ポイントに対して赤外線レーザを照射し、その照射面Sにプラズマを発生させると共に物理的振動を付与するように構成されている。また、図中、8は可視光レーザ発振器であり、ビームエキスパンダ9及び反射ミラー10を経て前記ビームコンバイナ3に誘導され、以後、前記赤外線レーザと共に同じ光学系を経てコンクリート7の照射面Sに対して同軸的に可視光レーザを照射するように構成されている。さらに、前記ガルバノミラー6及び反射ミラー5を経て誘導される前記照射面Sからの反射光及び散乱光は、穴あき放物面鏡11により集光されて反射ミラー12に誘導されるように構成されている。なお、前述のオートフォーカスレンズ4を通過した赤外線レーザ及び可視光レーザは、放物面鏡11の穴部を介してそのまま通過して反射ミラー5に誘導される。

【0009】前記反射ミラー12に誘導された反射光及び散乱光は、一部はそのまま穴あき反射ミラー13を通過してファブリペロー共振型の干渉計14に誘導され、光検出部15において、前記可視光レーザの反射光からコンクリート7の照射面Sの挙動に関する振動成分を検出して電気信号として出力するように構成されており、これによりコンクリート7の内部欠陥部で反射した反射波の有無や深さ等を感じ取り得るように構成されている。また、反射光及び散乱光の他の一部は、前記穴あきミラー13により反射されてプリズム16に誘導され、その

プリズム16において、コンクリート7の赤外線レーザの照射面Sに発生したプラズマ光を分光して、それらの波長毎のスペクトルをCCD（電荷結合デバイス）17で検出して、コンクリート7の表面に析出した元素を特定するように構成されている。図中の18は、超音波や可視光レーザ等を用いた測長計を示したもので、コンクリート7の内壁面の形状を計測してデータを蓄積し、走査上の制御用位置データや、検査ポイント用の位置データなどとして使用する。なお、散乱光に関しては、前記穴あき放物面鏡11によって集光しただけでは光強度が弱い場合がある。そのような場合には、前記レーザの照射面Sの近傍に図示しない光ファイバを配設して集光するように構成することも効果的な手法である。また、その場合に、光ファイバの先端部を、後述のインクジェットヘッドを活用して、その先端部に配設するようにすれば、新たな駆動源等は使用しないで済む。因みに、以上のような形態においても、反射光に関しては、前記穴あき放物面鏡11によって集光することができる。

【0010】図2～図5は、前記赤外線レーザの照射によるコンクリート7内部の欠陥分析に関して示したものである。図2に示したように、前述の光学系を介して、前記赤外線レーザ発振器1で生成された短パルス高ピーク出力の赤外線レーザ19と、前記可視光レーザ発振器8で継続的に生成される可視光レーザ20とが、同軸的にコンクリート7の表面に対して照射されると、その赤外線レーザ19の熱的作用によって照射面Sに物理的振動が付与され、超音波21が発生してコンクリート7の内部に伝播する。同時に、前記可視光レーザ20の照射により、コンクリート7の照射面Sの挙動が、その反射光を介して前記干渉器14に継続的に伝達され光検出部15により検出される。図3は、その光検出部15の出力状態を示した出力グラフで、図示のように、コンクリート7の内部に欠陥が存在しない場合には、赤外線レーザ19がパルス的に照射されて、照射面Sに物理的振動が付与された瞬間に表面エコー（A）が検出され、また前記超音波21がコンクリート7の他端面に達した際に生じた反射波が照射面Sに到達した時点で端面エコー（B）が検出される。

【0011】図4はコンクリート7の内部に欠陥が存在する場合を示したものである。図示のように、この場合には、前述のように赤外線レーザ19の熱的作用による照射面Sの物理的振動に基づいて発生した超音波21がコンクリート7内部の欠陥部22に出会うと反射波23を発生する。この反射波23が照射面Sに到達すると、その照射面Sを振動させるため、前記可視光レーザ20の反射光を介して光検出部15により検出される。図5は、その欠陥の存在する場合の光検出部15の出力状態を示したもので、図示のように、表面エコー（A）と端面エコー（B）との間に欠陥部エコー（C）が検出されることになる。

【0012】図6は前記CCD17により得られた各波長毎のスペクトルに関する一例を示したものである。図示のように、589nmの波長のスペクトルが強ければNa、372nmの波長のスペクトルが強ければFe、393.4nmの波長のスペクトルが強ければCa、479.5nmの波長のスペクトルが強ければCl、766.5nmの波長のスペクトルが強ければKがコンクリート表面に析出していると判定してコンクリートの性状分析を行うことができる。すなわち、Naのスペクトル値によりコンクリート7のアルカリ骨材反応に関する性状分析が可能である。同様に、Clのスペクトル値ないしFeのスペクトル値によりコンクリート7に使用されている鉄骨等の劣化に関する性状分析が可能である。なお、Caのスペクトル値はコンクリート自体に含まれるCa成分に関する経年変化の参考値として使用できる。また、C系のスペクトル値もとるようにすれば、コンクリート7の中性化に関する参考値として使用できる。以上の各元素のスペクトル値により、検査時点でのコンクリート7の性状を判定し得るとともに、データ化して保存管理することにより性状に関する経年変化を監視することも可能であり、コンクリート構造物の安全対策上、きわめて有効である。

【0013】図7は、以上の検査方法を実施するための検査装置に関する実施例の要部を示した概略構成斜視図である。図示のように、本実施例では、必要な各設備を可搬台車24に搭載して探査システムとして構成している。可搬台車24には、炭酸ガスレーザ等からなる短パルス高ピーク出力の赤外線レーザ発振器1、可視光レーザ発振器8、レーザビームデリバリ装置25、レーザビームスキャニング装置26等が搭載されており、前述のように、赤外線レーザ発振器1及び可視光レーザ発振器8で発生した赤外線レーザと可視光レーザはガルバノミラー6を介して同軸的に照射され、そのガルバノミラー6をレーザビームスキャニング装置26によりコントロールすることにより照射ポイントが設定されるように構成されている。図中の27は、前記干渉器14及び光検出部15からなる振動検出装置やプリズム16及びCCD17からなる分光分析装置等の検出分析手段の設置部を示したものである。さらに、可搬台車24には、インクジェット28が搭載されており、ロボットアーム29に支持されたインクジェットヘッド30を介して異常があると判定された領域をマーキングするように構成されている。図中の31は、位置検出装置を示したものであり、可搬台車24の基準位置からの移動距離を検出して、その位置データをデータ集積装置32に集積するように構成されている。なお、データ集積装置32には、位置検出装置31からの可搬台車24に関する位置データのほか、前記測長計18からのコンクリート7の内壁

面に関するデータ、レーザビームスキャニング部26からの照射ポイントに関するデータ等の位置データとともに、光検出部15やCCD17からの検査結果に関するデータなどが集積される。

【0014】

【発明の効果】本発明によれば、次の効果を得ることができる。

(1) コンクリートの内部欠陥に関する検査と、コンクリートの性状変化に関する検査とを同時にリアルタイムで実施することが可能である。

(2) コンクリートの性状をデータ化し、各表面析出元素の分布状態や経年変化を定量的に監視することができる。

(3) コンクリート面に対して非接触、非破壊で検査を実施することができる。

(4) 検査に関する作業性が大幅に改善されるので、作業時間の短縮や検査範囲の拡大が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施例の要部を概略的に示した要部説明図である。

【図2】 内部欠陥のない場合の超音波の伝播状態を示した状態説明図である。

【図3】 内部欠陥のない場合の検出結果を示した出力グラフである。

【図4】 内部欠陥のある場合の超音波及び反射波の伝播状態を示した状態説明図である。

【図5】 内部欠陥のある場合の検出結果を示した出力グラフである。

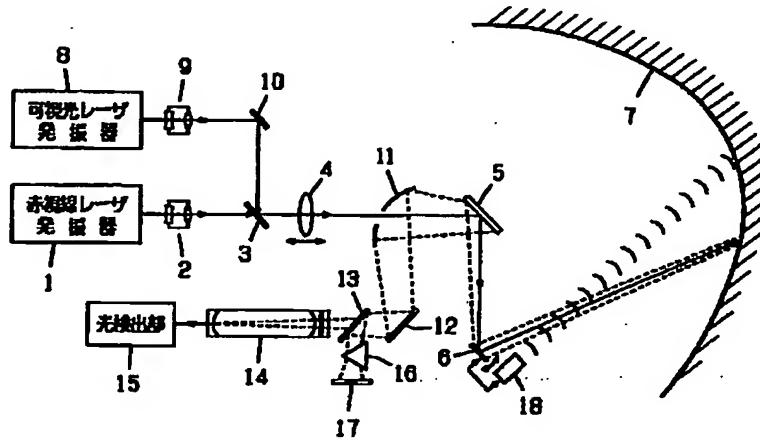
【図6】 分光分析の結果を示したスペクトル図である。

【図7】 本発明に係る検査装置の実施例の要部を示した概略構成斜視図である。

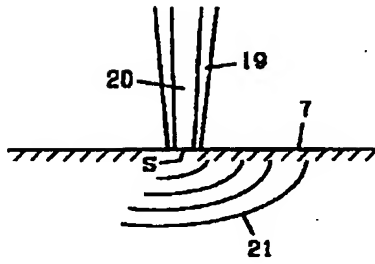
【符号の説明】

1…赤外線レーザ、2…ビームエキスパンダ、3…ビームコンバイナ、4…オートフォーカスレンズ、5…反射ミラー、6…ガルバノミラー、7…コンクリート、8…可視光レーザ発振器、9…ビームエキスパンダ、10…反射ミラー、11…穴あき放物面鏡、12…反射ミラー、13…穴あき反射ミラー、14…干渉計、15…光検出部、16…プリズム、17…CCD、18…測長計、19…赤外線レーザ、20…可視光レーザ、21…超音波、22…内部欠陥部、23…反射波、24…可搬台車、25…レーザビームデリバリ装置、26…レーザビームスキャニング装置、27…検出分析手段の設置部、28…インクジェット、29…ロボットアーム、30…インクジェットヘッド、31…位置検出装置、32…データ集積装置

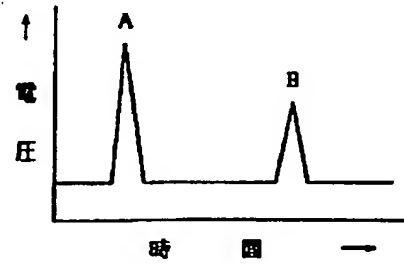
【図1】



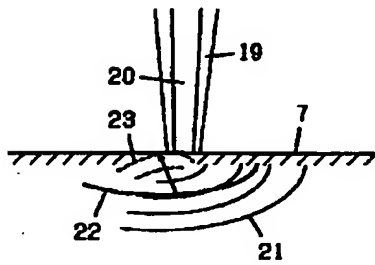
【図2】



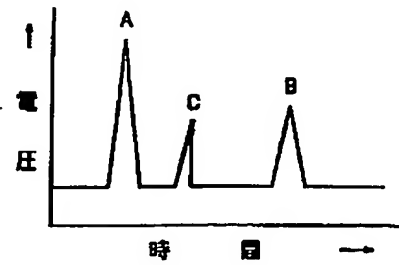
【図3】



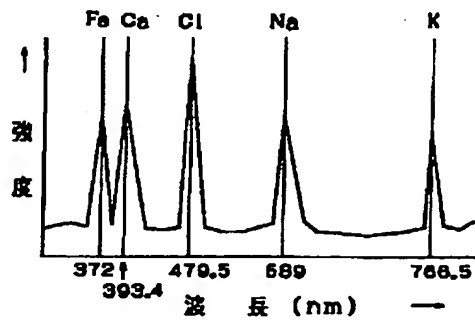
【図4】



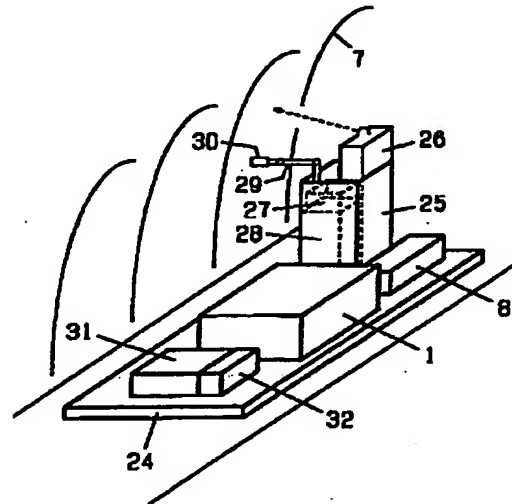
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F068 AA48 BB26 CC11 FF12 GG07  
 GG09 TT07  
 2G043 BA02 BA06 CA05 EA10 GA02  
 GB03 HA15 JA01 JA05 KA01  
 KA02 KA03 KA09 LA03  
 2G047 AA10 BC00 BC09 BC14 CA04  
 EA08 EA09 GD01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**